柑橘皮渣在动物饲料中的应用研究进展

罗巧慧[1] 黄艳玲[1] 肖 芳[1] 敖·德古里那[1] 刁其玉[2*]

（1.西南民族大学生命科学与技术学院，成都 610041；2.农业部饲料生物技术重点实验室，北京 100081）

摘 要：柑橘皮渣是柑橘加工业的副产物，占柑橘鲜重的45%～60%，其营养丰富，富含纤维、色素、抗氧化物质等，在动物的营养和免疫方面具有极大的利用价值。将柑橘皮渣用作饲料不仅可以提高动物生产性能、促进机体免疫及畜产品品质，而且可以解决其带来的环境污染，降低饲料花费，缓解人畜争粮的矛盾。因此，本文就柑橘皮渣的营养特点及其在反刍动物和单胃动物饲粮中的应用进行综述，以期为柑橘皮渣在动物生产中的应用研究提供参考。

关键词：柑橘皮渣；动物饲料；生长性能；肉品质

中图分类号：S816 文献标识码：A 文章编号：

随着我国城乡居民生活水平的提高，动物食品需求呈刚性增长。同时，我国粮食供求将长期处于紧张状态，发展节粮型畜牧业是保障畜产品有效供给的重要途径。经济作物副产物作为动物饲料开发利用不仅能“变废为宝”，降低饲料成本，提高养殖户的经济效益，而且可以减少因为副产物累积而引起的环境问题，对于发展节粮型畜牧养殖业具有重要的研究与开发意义。

柑橘是世界第一大水果，年产量约1亿t，我国柑橘产量占世界的25%，是世界上柑橘生产大国之一[1]。柑橘除部分用于鲜食之外，很大一部分用于榨汁和罐头制作等，而在柑橘加工后产生了大量的皮渣副产物，其主要成分有皮、种子、橘络和残余果肉等，这些副产物含有丰富的碳水化合物、维生素、矿物质以及脂肪、蛋白质等。在美国、巴西等柑橘加工业发达的国家，柑橘皮渣已经被广泛地用于反刍动物饲粮，而在我国，长期以来，研究的缺乏及技术的落后使其除了少量的用于提取果胶、做中草药（陈皮）以及少量被用作饲料外，大部分都被抛弃或填埋[2]，不仅造成了资源的大量浪费，而且造成了严重的环境污染，给柑橘

农业部饲料生物技术重点实验室开放课题(KFKT-201507);中央高校基本科研业务费专项基金项目(2017NZYQN39)

作者简介：罗巧慧（1992—），女，甘肃甘南人，硕士研究生，从事微量元素营养研究。E-mail: 1317146819@qq.com

*通信作者：刁其玉，研究员，博士生导师，E-mail: diaoqiyu@caas.cn

加工业和环境治理方面带来了很大的负面影响，如何科学、合理地解决柑橘皮渣的处理问题，已成为相关人员亟待解决的问题。

近年来国内外对柑橘皮渣综合利用途径研究逐步增多，主要集中于 2 个方面，一方面在于对柑橘皮渣的功能性成分如香精油、果胶、膳食纤维等的提取利用，另一方面集中于柑橘皮渣生物转化生产乙醇燃料、饲料、食品及添加剂等[3]。本文着重阐述了柑橘皮渣的营养特点及其作为动物饲料原料对动物健康、生产性能、畜产品品质的影响，为柑橘皮渣饲料的开发研究提供参考。

1 柑橘皮渣的利用方式及营养特点

目前柑橘皮渣作为动物饲料原料，常用的利用方式为鲜喂、干燥制粒及发酵处理。因为鲜喂具有明显的季节性和地域性，不能作为利用的主要途径，因此生产中常以干燥制粒和发酵处理作为最主要的利用方式。

1.1 鲜柑橘皮渣

鲜柑橘皮渣营养成分含量差别较大，主要与柑橘品种和加工方式等有关。以干物质 90%为基础计算，鲜柑橘皮渣常规养分含量为：无氮浸出物 55.3%～71.6%，粗蛋白质 6.4%～10.7%，粗脂肪 2.2%～12.6%，粗纤维 7.8%～18.5%，粗灰分 3.1%～11.9%，钙 0.34%～1.68%，磷 0.07%～0.27%。同时，鲜柑橘皮渣还含有一定数量的矿物元素和维生素等，如铁、铜、锌、锰、维生素 B、维生素 E、维生素 C、胡萝卜素等[4]。因为鲜柑橘皮渣水分含量高，同时还含有较多的糖分，易腐烂变质，不易运输与贮存，因此其利用受到了很大的限制。

1.2 干燥柑橘皮渣

干燥柑橘皮渣是间接或直接将柑橘皮渣中的水分含量降低到 12%左右[5]。柑橘皮渣干燥生产可采用自然晾晒和机械制作 2 种方法。自然晾晒因为生产规模的限制和产品质量不稳定等因素，不利于大面积推广应用，生产中常利用机械制作的方式。该方法首先将鲜柑橘皮渣切碎成约 0.6 cm 的颗粒，加入其重量 0.2%～0.5%的石灰粉，混合反应至颜色变成淡灰色时，经过压榨、回添浓缩糖浆或不经压榨，干燥至含水量低于 10%时冷却、粉碎或制粒[6]。干燥制粒是国外柑橘皮渣利用的最主要方式，干燥柑橘皮渣含有高浓度的果胶（22%～40%），高的钙磷比（3.5±1.7），粗蛋白质含量在（7.2±0.2）%、粗脂肪含量在（3.0±1.0）%、中性洗涤纤维含量在（19.3±1.3）%、酸性洗涤纤维含量在（16.9±2.0）%。因含有大量的营养成

分，干燥柑橘皮渣被广泛用作反刍动物的饲料原料来大比例替代其饲粮中的谷物精料，且对其生产性能没有产生负面影响[7]。

另外，干燥柑橘皮渣中还含有多酚、类黄酮、萜烯、柠檬酸、类胡萝卜素等具有抗氧化功能的生物活性物质，可能会对动物机体的抗氧化性能产生一定的影响。虽然干燥的柑橘皮渣是一种很好的反刍动物饲料，在巴西和美国等柑橘主要生产国已被广泛用作肉牛和奶牛饲料，但干燥柑橘皮渣蛋白质含量很低、苦麻味重、适口性差，这在一定程度上限制了其在动物饲料中的使用。

1.3 发酵柑橘皮渣

由于柑橘皮渣中存在大量苦味物质、适口性差且蛋白质含量不高等诸多问题，在动物生产中的应用始终不理想。可利用微生物发酵对柑橘皮渣进行改造，以期达到降低苦味物质含量，提高蛋白质含量，平衡氨基酸的目的。国内外对微生物发酵柑橘皮渣已经有相当长的研究历史[8]。

李赤翎等[9]用酵母菌为菌种，以柑橘皮渣为原料发酵生产饲料，并得出发酵饲料的最佳培养条件：温度为 30 ℃，培养基开始 pH 为 5，培养时间为 4 d。经过发酵后，每克柑橘皮渣（干物质基础）的酵母细胞数达到 9.26 亿个，发酵前粗蛋白质含量为 8.17%，发酵后达到 28.06%，粗蛋白质含量明显上升。殷钟意等[10]和郭育铭等[11]进行了微生物发酵柑橘皮渣生产高蛋白质饲料的菌种、辅料及工艺条件的试验研究，研究表明，当黑曲霉、米曲霉、扣囊腹膜孢酵母的混合比例为 2:3:1，培养基中含柑橘皮渣 85%、麸皮 15%，含水量 70%，接种量为 0.4 mL/g 时，柑橘皮渣的粗蛋白质含量可从发酵前的 10.37%提高到发酵后的 34.40%。朱理等[12]进行了柑橘皮渣废物利用发酵生产单细胞蛋白质饲料的研究，发现在接种菌种按照黑曲霉∶啤酒酵母=1:1 搭配、20%接种量、60 g/L 柑橘皮渣、21 g/L 尿素的情况下发酵 5 d，可使关键氨基酸的产量达到最大，苏氨酸、甲硫氨酸、赖氨酸的含量分别为 2.03×10^{-3}、3.58、1.49×10^{-2} g/L，占氨基酸总量的 14.77%。

2 柑橘皮渣在动物饲料中的应用

2.1 柑橘皮渣在反刍动物饲粮中的应用

2.1.1 对反刍动物生长性能的影响

柑橘皮渣含有大量的可消化粗纤维和果胶，能为反刍动物提供一定的能量，可部分替代

反刍动物饲粮中的玉米等谷物饲料。国内外学者对柑橘皮渣在反刍动物饲粮中的应用进行了大量研究，发现柑橘皮渣的添加对反刍动物的生长性能有一定的影响，且可以影响瘤胃发酵。Cribbs 等[13]研究了干燥柑橘皮渣对杂交母牛育肥性能的影响，结果显示，干燥柑橘皮渣部分替代玉米饲喂母牛，减少了瘤胃酸中毒的风险，但是由于其适口性等因素，随着饲粮中干燥柑橘皮渣添加量的增加，其干物质摄入量、平均日增重和饲料利用率均下降。Peixoto 等[14]研究显示，羔羊饲粮中添加柑橘皮渣不影响其营养物质的摄入量、消化率以及瘤胃 pH 和氨氮的含量，柑橘皮渣可完全替代玉米或者可以将其比率提高到羔羊饲粮干物质的 26.5%。Gholizadeh 等[15]研究干燥柑橘皮渣替代大麦对 85～90 日龄萨能奶山羊生长性能的影响，其试验用干燥柑橘皮渣分别替代了 0、7%和 14%的基础饲粮中的大麦，结果显示，随着干燥柑橘皮渣添加量的增加，干物质采食量和日增重降低，而饲料利用率、瘤胃液 pH、血浆尿素氮含量增加，干物质、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、粗蛋白质表观消化率与对照组相比没有显著差异。李倩[16]选用西门塔尔杂交公牛进行柑橘皮渣对育肥牛生长性能影响的研究，结果表明，青贮柑橘皮渣添加量不超过 20%时对肉牛生长性能无显著影响，日均获利 7.8～8.5 元/头；烘干柑橘皮渣添加量为 15%～25%时，对肉牛生长性能无显著影响，添加量达 35%时，会显著降低肉牛的生长性能及经济效益。这说明青贮柑橘皮渣可作为育肥牛的粗饲料加以利用，占饲粮干物质比例不宜超过 20%；烘干柑橘皮渣能部分替代精料中玉米及豆粕，占饲粮干物质比例不宜超过 25%。Gouvêa 等[17]研究了柑橘皮渣对育肥牛的影响，其结果显示，添加柑橘皮渣提高了干物质采食量，但对屠宰率、眼肌面积、瘤胃 pH 等没有显著影响，说明柑橘皮渣的添加对育肥牛的生长性能无负面影响，因没有显著的增加瘤胃 pH，所以可能不会降低酸中毒的风险。这些研究结果的不一致可能与柑橘皮渣的来源、加工方式以及基础饲粮、试验动物品种等有关，其具体的影响还有待进一步的研究。另外，有研究表明，当饲喂高含量（74.5%）的柑橘皮渣饲粮时，羔羊出现了瘤胃角化不全症，泌乳母牛由于饲喂大量柑橘皮渣引起Ⅳ型过敏反应而死亡[7]。以上研究结果表明，柑橘皮渣能够作为一种高效的反刍动物饲料原料帮助动物生长发育，但是，其在饲粮中的添加量应控制在适宜的范围内，一般以不超过 20%为宜；同时，柑橘皮渣的贮存方式、饲喂形式等都应引起注意，避免其添加不当而对动物生长性能产生一些负面影响。

2.1.2　对反刍动物产品品质及抗氧化性能的影响

动物体内含有大量的自由基，氧化反应能力极强，性质活泼，对机体有很大的危害性，原因是其在体内与脂质过氧化物作用后可使多种大分子成分发生变性。柑橘皮渣中含有类黄酮化合物、多酚、柠檬酸、类胡萝卜素等生物活性物质，能够清除自由基，通过抑制自由基链的传递过程来阻断氧化反应，从而保护细胞膜免受自由基引起的氧化损伤[18]。有研究表明，动物饲粮中添加柑橘皮渣可能会提高其机体抗氧化能力，改善畜产品品质，如降低脂质氧化、提高乳脂率等。Scerra 等[19]研究了饲喂添加青贮柑橘皮渣饲粮对 63 日龄断奶羔羊生长性能和肉品质的影响，结果显示，试验组和对照组胴体重没有显著差异；与对照组相比，试验组的胴体肌肉形态更好，脂肪含量显著降低，水分含量显著升高；试验组的瘦肉率要高于对照组，但 2 组间差异不显著，2 组间肌肉最终 pH 也没有显著差异。该结果表明青贮柑橘皮渣可代替传统饲料中的粗饲料和部分精料而对胴体品质和肉品质没有负面影响。Santos 等[20]研究了柑橘皮渣对荷斯坦奶牛乳品质的影响，结果表明，当奶牛饲喂含 18%柑橘皮渣的饲粮时，乳脂中单不饱和脂肪酸的含量较高，饱和脂肪酸的含量较低，当柑橘皮渣的添加量为饲粮干物质的 9%～18%时，乳中总多酚和黄酮含量增加，同时乳的铁还原抗氧化能力也显著提高。López 等[21]研究发现，用柑橘皮渣替代饲粮中 61%的玉米对奶山羊的干物质摄入量、产奶量没有显著影响，且乳脂率显著增加，说明柑橘皮渣应用于奶山羊饲粮对泌乳性能没有不利影响。Gravador 等[22]研究显示，柑橘皮渣替代饲粮中部分大麦饲喂羔羊显著地减少了有氧储存 6 d 后肉中蛋白质自由基和羰基化合物的含量，保存了巯基化合物，减缓了蛋白质氧化速率，表明饲粮中添加柑橘皮渣可减少肉类蛋白质的氧化。阮东[23]研究了添喂陈皮对荷斯坦奶牛的影响，结果表明，添加陈皮组与对照组相比干物质采食量提高了 3.80%、产奶量提高了 2.15%，血清中总蛋白、白蛋白、谷丙转氨酶含量均显著高于对照组；丙二醛含量比对照组降低了 5.10%，超氧化物活性比对照组提高了 35.08%，谷胱甘肽过氧化物酶活性也显著提高。该结果说明在饲粮中添加陈皮能够显著提高奶牛干物质采食量和产奶量，提高乳蛋白含量和乳蛋白率，进而提高奶牛的生产性能；同时，陈皮的添加可以减少奶牛体内自由基的产生，增强抗氧化能力。Inserra 等[24]研究了干燥柑橘皮渣部分替代精料大麦对断奶羔羊肉品质的影响，结果表明，干燥柑橘皮渣的添加显著地减少了肉有氧储存 6 d 后的脂质氧化，同时肉的颜色参数没有显著的变化，说明干燥柑橘皮渣替代谷物精料是一种自然可行的提高肉抗氧化能力的方法。Romero-Huelva 等[25]研究发现，饲粮中柑橘皮渣等副产物的添

加对奶山羊乳产量及乳成分没有负面影响，且减少了乳中饱和脂肪酸的含量，提高了乳中单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的含量。以上研究结果表明，柑橘皮渣在反刍动物饲粮中的添加不仅可以提高反刍动物的肉品质和乳品质，而且可以增强机体和产品的抗氧化能力。其主要机制可能是柑橘皮渣中的总多酚和黄酮类化合物转移到了机体和乳中，从而提高了抗氧化能力；另外，总酚类化合物的含量与铁还原抗氧化能力之间也可能存在着一定的关系，其具体的影响还需进一步的研究。

2.2　柑橘皮渣在单胃动物饲粮中的应用

2.2.1 柑橘皮渣在猪饲粮中的应用

2.2.1.1　柑橘皮渣在仔猪饲粮中的应用

柑橘皮渣中含有大量的柠檬酸类物质，因此在猪饲粮中添加柑橘皮渣可能会提高饲料利用率，但由于柑橘皮渣存在适口性差、营养不均衡等问题，其在猪饲粮中的应用研究主要集中在生长育肥猪，仔猪和妊娠母猪方面的研究报道相对较少。近年来的研究发现添加适量纤维饲料在仔猪饲粮中有助于促进仔猪消化系统发育，预防消化紊乱。王帅[26]报道，在断奶仔猪饲粮中添加 8%的发酵柑橘皮渣提高了断奶仔猪的生长性能，同时促进了肠绒毛的生长发育，降低了隐窝深度，提高了消化吸收能力，提高了营养物质的利用。Almeida 等[27]研究了饲粮中粗蛋白质水平和干燥柑橘皮渣添加水平对 21 日龄断奶仔猪生长性能、小肠粘膜形态和后肠道发酵的影响，其结果表明，7.5%干燥柑橘皮渣的添加对断奶仔猪生长性能和肠道形态无显著影响；断奶仔猪饲喂 7 或 28 d 添加了 7.5%干燥柑橘皮渣的高蛋白质饲粮后，后肠道乙酸与丙酸的比例显著增加。这些研究结果表明，柑橘皮渣的适量添加提高了断奶仔猪的消化吸收能力，从而提高了其生长性能，但由于柑橘皮渣在仔猪饲粮中的应用研究相对较少，其在断奶仔猪饲粮中的最佳添加量和添加形式还需进一步的研究。

2.2.1.2　柑橘皮渣在生长育肥猪饲粮中的应用

柑橘皮渣营养丰富且含有多种抗菌、抗氧化的生物活性物质，研究表明，在生长育肥猪饲粮中添加柑橘皮渣能促进猪的生长，提高饲料转化效率，降低背膘厚度和胆固醇含量，改善肠道微生物区系等[4]。赵蕾[28]研究了柑橘皮渣单细胞蛋白质饲料对生长猪的饲喂效果，结果表明，在等能、等蛋白质情况下，以发酵夏橙皮渣按 50%或 100%替代基础饲粮中的菜籽粕（8%）对 38～50 kg 生长猪的生长性能以及血清总蛋白、白蛋白、球蛋白含量和白球比

无不良影响；50%替代组的血清尿素氮含量显著降低、饲粮蛋白质和干物质消化率显著提高，并且降低了饲粮成本。Cerisuelo 等[29]就饲粮中添加青贮柑橘皮渣对肥育猪生产性能、肠道微生物和肉质的影响进行了研究，结果表明，饲粮中添加青贮柑橘皮渣，前 4 周猪的采食量和日增重降低，但 4 周后对上述指标没有显著影响，且添加青贮柑橘皮渣显著降低了猪粪中肠杆菌数量，而对乳杆菌数量没有显著影响；此外，饲粮中添加青贮柑橘皮渣有降低背膘厚度、增加皮下脂肪中油酸含量的趋势。Moset 等[30]研究了青贮柑橘皮渣（饲粮中添加量分别为 0、50、100、150 g/kg）饲喂育肥猪对其胴体品质及肠道微生物菌群的影响，结果表明，柑橘皮渣的添加显著降低了消化能，但线性增加了中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的消化率；随着柑橘皮渣添加量的增加，粪中肠杆菌和乳酸菌数量显著降低，屠宰率也线性下降，皮下脂肪层多不饱和脂肪酸含量呈二次曲线式下降；然而，当柑橘皮渣的添加量为 100 g/kg 时，对育肥猪营养物质消化率、屠宰率、皮下脂肪酸含量均没有显著影响。Watanabe 等[31]对饲粮中添加柑橘皮渣对（83.7±5.1） kg 育肥猪的影响进行了研究，结果表明，柑橘皮渣的添加量对日增重和达到 130 kg 体重的试验天数存在二次函数的影响趋势，其适宜添加量为 10.79%～10.97%，对血清学指标尿素和甘油三酯含量没有显著影响，但对血清胆固醇含量存在二次函数的影响趋势。以上研究结果表明，柑橘皮渣的适量添加对生长育肥猪的生长性能及肉品质没有不利影响，且其含有的多酚、类黄酮化合物等可能增强了机体的非特异性免疫和体液免疫功能，降低了猪肠道有害微生物的繁殖，从而提高其饲料转化率，因此，在生产中柑橘皮渣的适量添加可以节约饲料成本，增加经济效益。

2.2.2　柑橘皮渣在禽类饲粮中的应用

2.2.2.1　对禽类生产性能的影响

因禽类饲粮配制所需，柑橘皮渣常制作成皮粉在其饲粮中添加。大量研究表明柑橘皮粉在禽类饲粮中添加能促进生长，提高增重率和饲料转化率，其机理主要是添加柑橘皮粉提高了饲粮中粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维和粗灰分等主要营养物质的表观代谢率所致[1]。黄雷洪等[32]在肉鸡饲粮中添加 3%的柑橘皮粉后发现肉鸡成活率提高了 0.4%，鸡只平均增重和饲料利用率显著提高，经济效益提高了 13%，鸡的皮肤颜色变橙黄，其肉品经过加工后口味更好。Nazok 等[33]报道，柑橘皮渣在蛋鸡饲粮中的添加量在 12%以下时，对采食量、产蛋数量、产蛋质量、料重比、蛋鸡体重、蛋黄指数及蛋黄颜色的影响均不显著，当添加量达到 16%

后，会显著降低采食量、产蛋数量，同时显著提高料重比。杨志鹏等[34]用添加柑橘皮渣 0、2%、4%、6%、8%和 10%的饲粮分别饲喂 1～21 日龄四川白鹅，研究对其生长性能及血清生化指标的影响，结果显示，饲粮中添加 10%以下的柑橘皮渣对四川白鹅血清生化指标没有显著影响，其中添加 6%柑橘皮渣能显著降低料重比，添加 8%柑橘皮渣能显著提高血清高密度脂蛋白含量，综合考虑，在 1～21 日龄四川白鹅饲粮中添加 6%的柑橘皮渣对其生长性能具有很好的促进作用。陈佳荣等[35]选用 32 日龄黄杂肉用仔鸡，分别饲喂添加 3.5%、3.0%、2.5%柑橘皮粉的饲粮 35 d，结果表明，在饲粮中添加 3.5%的柑橘皮粉组效果最佳，料重比为 3.09，比对照组降低了 11.71%，饲料转化率比对照组提高了 13.27%，只均增重 0.934 5 kg，比对照组（0.836 5 kg）提高了 11.72%，经济效益比对照组提高了 27.35%，增重耗料成本降低了 0.55 元/kg。以上研究结果表明，柑橘皮渣在禽类饲粮中添加可促进禽类生长，提高生产性能，其添加量在 10%以下为宜，添加量过大又会产生不利影响。因此，若要将柑橘皮渣在禽类饲粮中普遍应用，其对禽类生长发育的调控机制、最适添加量等方面的研究还需加深。

2.2.2.2 对禽类产品品质的影响

柑橘皮粉作为饲料原料添加到禽类饲粮中，因其含有大量的类胡萝卜素，可以增加色素沉积在动物皮肤和蛋黄中，有利于增加香味诱食，同时还有杀菌保健、提高肉品品质、增加产蛋性能、加深蛋黄颜色的功能。雷云等[36]在 45 周龄的罗曼蛋鸡饲粮中添加 2.5%的柑橘皮粉，饲养 42 d 后发现试验组比对照组的产蛋量提高了 5.23%，说明柑橘皮粉作为鸡饲粮添加剂，能促进饲粮中营养物质在鸡体内的沉积，刺激鸡卵泡成熟，增加排卵数，从而提高养鸡效益。胡忠泽等[37]在 61 周龄蛋鸡饲粮中添加 1%陈皮粉，连续饲喂 6 周，结果显示，与对照组相比，试验组产蛋率提高了 2.54%，采食量提高了 1.28%，平均蛋重和料蛋比分别降低了 0.06%和 1.48%，破壳蛋率下降了 1.20%；哈氏单位和蛋比重分别提高了 10.73%和 0.94%，蛋黄颜色提高了 12.89%，蛋壳颜色、蛋壳厚度、蛋黄指数分别提高了 2.60%、3.39%和 5.26%，蛋壳比例和蛋白比例分别提高了 1.68%和 3.83%；鸡蛋粗蛋白质含量显著提高，粗脂肪含量降低了 9.42%，粗灰分含量降低了 7.95%。这表明，陈皮具有提高蛋鸡生产性能和改善鸡蛋品质的作用。王立志等[38]选用 1 日龄肉用仔鸡，在基础饲粮中分别添加 1.5%和 2.5%的柑橘皮粉进行试验，结果表明，在饲粮中添加柑橘皮粉的试验组的料重比、饲料转化率、只均增

重、饲料表观代谢率、体成分中营养物质含量都显著高于对照组，且试验组的经济效益比对照组有很大地提高。雷风等[39-40]选用 48 周龄蛋鸡研究饲粮中添加 2.5%柑橘皮粉对产蛋后期蛋鸡氮、钙、磷代谢的影响，结果表明，试验组氮表观代谢率比对照组显著提高；钙、磷表观代谢率分别为 65.79%和 46.39%，钙表观代谢率比对照组（62.30%）提高了 3.49%，磷表观代谢率比对照组（47.52%）降低了 1.13%。Lanza 等[41]研究了柑橘皮渣作为鸵鸟饲粮对肉品质的影响，结果显示，鸵鸟饲粮中添加柑橘皮渣减少了肌肉中粗脂肪的含量，增加了多不饱和脂肪酸的含量，减少了蒸煮损失和粗灰分含量；与对照组相比，柑橘皮渣组鸵鸟肌肉中最终 pH 显著增加，肌肉中饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸的含量较低。这表明用含柑橘皮渣的饲粮作为鸵鸟饲粮对其肉品质没有不利影响，而且可降低饲料成本。以上研究结果表明，柑橘皮渣的适量添加不仅可以改善禽类产品品质，而且可以提高经济效益，在生产中可作为一种饲料原料在禽类饲粮中使用。

3 小 结

综上所述，柑橘皮渣在动物饲料中适量的添加可提高动物的生产性能及畜产品品质，节约饲料资源，降低饲料成本，提高经济效益，同时减轻柑橘皮渣废弃给环境带来的污染，具有明显的生态效益。但是，由于其适口性差、营养成分差异较大等因素，对不同种类及不同生长阶段的动物其饲粮中的适宜添加量并没有形成一定的标准，而且其添加形式也不尽相同，因此，柑橘皮渣在动物饲粮中的应用还有待更进一步的研究。另外，柑橘皮渣中还含有香精油、果胶、柑橘皮色素、柠檬苦素类似物、类黄酮及一些生物碱类化合物等功能性物质，因此，柑橘皮渣除了可作为动物饲料原料外，还可以用作诱食剂、增色剂及抗氧化剂等，目前，这些方面的研究还有待进一步的加深。

参考文献：

[1] 姚焰础,刘作华,杨飞云,等.柑橘皮渣的营养组成及其在畜禽饲料中的应用研究进展[J].养猪,2013(1):17–21.

[2] 张石蕊,陈铁壁,金宏.柑橘加工副产品中饲料营养物质的测定[J].饲料研究,2004(1):28–29.

[3] 孙金辉,陈海桂,卢沿钢,等.柑橘皮渣生物转化利用研究进展[J].食品科学,2011,32(19):312–315.

[4] 杨飞云,黄金秀,姚焰础.柑橘皮渣作畜禽饲料的研究进展[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十一次全国动物营养学术研讨会论文集.长沙:中国畜牧兽医学会,2012,306–314.

[5] 胡海波,张石蕊,易学武,等.柑橘渣在动物生产中的应用研究[J].饲料工业,2006,27(13):49–51.

[6] 王文娟,汪水平.柑橘渣的综合利用[J].中国饲料,2004(14):30–33.

[7] BAMPIDIS V A,ROBINSON P H.Citrus by-products as ruminant feeds:a review[J].Animal Feed Science and Technology,2006,128(3/4):175–217.

[8] 吴剑波,姚焰础,董国忠.柑橘渣在动物饲料中的应用研究进展[J].中国畜牧杂志,2016,52(13):95–99.

[9] 李赤翎,李彦,俞建.柑橘皮渣发酵饲料研究[J].食品工业科技,2009,30(5):169–170,174.

[10] 殷钟意,王颖,郑旭煦,等.柑桔皮渣发酵高蛋白饲料菌种筛选与工艺研究[J].饲料研究,2009(4):43–46.

[11] 郭育铭,殷钟意,郑旭煦,等.柑桔皮残渣发酵蛋白饲料工艺研究[J].中国饲料,2009(3):41–43.

[12] 朱理,卢艳花.柑橘皮渣废物利用发酵生产单细胞蛋白饲料[J].食品工业科技,2013,34(22):131–134.

[13] CRIBBS J T,BERNHARD B C,YOUNG T R,et al.Dehydrated citrus pulp alters feedlot performance of crossbred heifers during the receiving period and modulates serum metabolite concentrations before and after an endotoxin challenge[J].Journal of Animal Science,2015,93(12):5791–5800.

[14] PEIXOTO E L T, MORENZ M J F,DA FONSECA C E M,et al.Citrus pulp in lamb diets:intake,digestibility,and ruminal parameters[J].Ciencias Agrarias,2015,3421–3430.

[15] GHOLIZADEH H,NASERIAN A A.The effects of replacing dried citrus pulp with barley grain on the performance of Iranian Saanen kids[J].Journal of Animal and Veterinary Advances,2010,9(15):2053–2056.

[16] 李倩.柑橘皮渣对育肥牛饲用价值的研究[D].硕士学位论文.重庆:西南大学,2013.

[17] GOUVÊA V N, BATISTEL F, SOUZA J,et al.Flint corn grain processing and citrus pulp

level in finishing diets for feedlot cattle[J].Journal of Animal Science,2016,94(2):665–677.

[18] 白瑞,田河,郭东新.中草药陈皮的作用及其在动物生产中的应用[J].黑龙江畜牧兽医,2014(9):102–104.

[19] SCERRA V,CAPARRA P,FOTI F,et al.Citrus pulp and wheat straw silage as an ingredient in lamb diets:effects on growth and carcass and meat quality[J].Small Ruminant Research,2001,40(1):51–56.

[20] SANTOS G T,LIMA L S,SCHOGOR A L B,et al.Citrus pulp as a dietary source of antioxidants for lactating Holstein cows fed highly polyunsaturated fatty acid diets[J].Asian-Australasian Journal of Animal Science,2014,27(8):1104–1113.

[21] LÓPEZ M C,ESTELLÉS F,MOYA V J,et al.Use of dry citrus pulp or soybean hulls as a replacement for corn grain in energy and nitrogen partitioning,methane emissions,and milk performance in lactating Murciano-Granadina goats[J].Journal of Dairy Science,2014,97(12):7821–7832.

[22] GRAVADOR R S,JONGBERG S,ANDERSEN M L,et al.Dietary citrus pulp improves protein stability in lamb meat stored under aerobic conditions[J].Meat Science,2014,97(2):231–236.

[23] 阮东.添喂陈皮、酸甜剂、丙谷胺对荷斯坦奶牛采食量、产奶量、乳成分及血清生化指标的影响[D].博士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.

[24] INSERRA L,PROLO A,BIONDI L,et al.Dietary citrus pulp reduces lipid oxidation in lamb meat[J].Meat Science,2014,96(4):1489–1493.

[25] ROMERO-HUELVA M,RAMÍREZ-FENOSA M A, PLANELLES-GONZÁLEZ R,et al.Can by-products replace conventional ingredients in concentrate of dairy goat diet[J].Journal of Dairy Science,2017,10(6):4500–4512.

[26] 王帅.发酵柑橘渣对仔猪生长和肠道发育的影响[D].硕士学位论文.重庆:西南大学,2014.

[27] ALMEIDA V V,NUÑEZ A J C,SCHINCKEL A P,et al.Interactive effect of dietary protein and dried citrus pulp levels on growth performance,small intestinal morphology,and hindgut fermentation of weanling pigs[J].Journal of Animal Science,2017,95(1):257–269.

[28] 赵蕾.柑橘皮渣单细胞蛋白饲料生产技术及对生长猪饲喂效果研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2008.

[29] CERISUELO A,CASTELLÓ L,MOSET V,et al.The inclusion of ensiled citrus pulp in diets for growing pigs:effects on voluntary intake,growth performance,gut microbiology and meat quality[J].Livestock Science,2010,134(1/2/3):180–182.

[30] MOSET V,PIQUER O,CERVERA C,et al.Ensiled citrus pulp as a by-product feedstuff for finishing pigs:nutritional value and effects on intestinal microflora and carcass quality[J].Spanish Journal of Agricultural Research,2015,13(3):e0607.

[31] WATANABE P H,THOMAZ M C,DOS SANTOS RUIZ U,et al.Effect of inclusion of citrus pulp in the diet of finishing swines[J].Brazilian Archives of Biology and Technology,2010,53(3):709–718.

[32] 黄雷洪,孙书明,徐代军.笼养肉鸡饲料中添加桔皮粉初报[J].中兽医学杂志,2006(5):4–5.

[33] NAZOK A,REZAEI M,SAYYAHZADEH H.Effect of different levels of dried citrus pulp on performance,egg quality,and blood parameters of laying hens in early phase of production[J].Tropical Animal Health and Production,2010,42(4):737–742.

[34] 杨志鹏,王文策,叶慧,等.柑橘皮渣对 1～21 日龄四川白鹅生长性能及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(10):3181–3187.

[35] 陈佳荣,杨红萍,张奎,等.日粮中添加柑桔皮粉对黄杂肉用仔鸡生产性能的影响[J].青海畜牧兽医杂志,2005,35(4):21–22.

[36] 雷云,赵义斌,韩勇.添加 2.5%桔皮粉对罗曼蛋鸡产蛋量的影响[J].青海大学学报,2001,19(3):32–33.

[37] 胡忠泽,张银平,王立克.陈皮对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J].饲料研究,2011(5):47–49.

[38] 王立志,姜宁.日粮中添加柑桔皮粉对肉仔鸡生长及营养物质代谢的影响[J].营养与饲料,2006(10):20–23.

[39] 雷风,常禧,周韶.日粮中添加柑桔皮粉对产蛋后期蛋鸡氮代谢的影响[J].青海畜牧兽医杂志,2005,35(3):5–6.

[40] 雷风.日粮中添加柑桔皮粉对产蛋后期蛋鸡钙磷代谢的影响[J].青海畜牧兽医杂

志,2004,34(3):7–8.

[41] LANZA M,FASONE V,GALOFARO V,et al.Citrus pulp as an ingredient in ostrich diet:effects on meat quality[J].Meat Science,2004,68(2):269–275.

Research Progress of Application of Citrus Pulp in Animal Feed[1]

LUO Qiaohui[1] HUANG Yanling[1] XIAO Fang[1] AO·Degulina[1] DIAO Qiyu[2*]

(1. *College of Life Science and Technology*, *Southwest Minzu University*, *Chengdu* 610041, *China*; 2. *Key Laboratory of Feed Biotechnology*, *Ministry of Agriculture*, *Beijing* 100081, *China*)

Abstract: Citrus pulp is a by-product of citrus processing industry, accounting for about 45% to 60% weight of fresh citrus. Citrus pulp is rich in nutrients and also contains fiber, pigments, and antioxidants. It has great utilization value in nutrition and immunity of the animal. Using it as alternative feed of grains for animals can not only improve animal growth performance, immunity and quality of animal products, but also solve the environmental pollution, reduce the feed cost and alleviate the contradiction between human and livestock for grain. This paper reviews the nutritional characteristics of citrus pulp and its application as feed for ruminant and monogastric animals, to provide references for the research and application of citrus pulp in animal production.

Key words: citrus pulp; animal feed; growth performance; meat quality

*Corresponding author, professor, E-mail: diaoqiyu@caas.cn （责任编辑　菅景颖）